

L'éclipse de Lune par la pénombre du 30 novembre 2020

P. ROCHER, © INSTITUT DE MECANIQUE CELESTE ET DE CALCUL DES EPHEMERIDES – OBSERVATOIRE DE PARIS

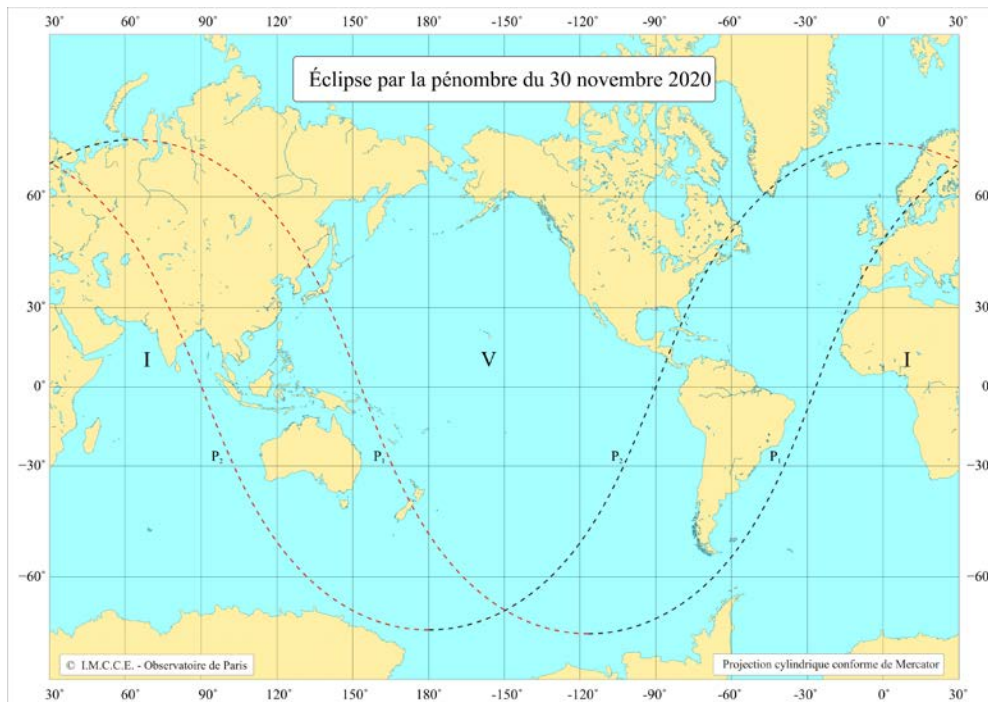


Figure 1 : Carte de l'éclipse de Lune par la pénombre du 30 novembre 2020

La carte (ci-dessus) est centrée sur la zone de visibilité (V) et de chaque côté on trouve deux zones d'invisibilités (I), pour les éclipses par la pénombre on trace deux courbes :

- P1 : la limite de la région où l'on observe l'entrée dans la pénombre (petits pointillés).
- P2 : la limite de la région où l'on observe la sortie de la pénombre (petits pointillés).

Chacune de ces courbes correspond aux lieux où la Lune se trouve à l'horizon à l'instant de la phase correspondante, les courbes en rouge correspondent aux lieux où la Lune se lève et les courbes en bleu les lieux où la Lune se couche. Pour chaque phase, les lieux situés à l'ouest d'une courbe rouge ne voient pas le début de la phase, car la Lune n'est pas encore levée et les lieux situés à l'est voient la phase correspondant à la courbe, car la Lune est déjà levée. De même, les lieux situés à l'est d'une courbe bleue ne voient pas la phase, car la Lune est déjà couchée et les lieux situés à l'ouest voient la phase correspondant à la courbe, car la Lune n'est pas encore couchée.

Cette éclipse de Lune par la pénombre est la quatrième éclipse par la pénombre de l'année. Si l'on compte également les deux éclipses de Soleil de 2020, ce sera une année riche en éclipses avec un total de six éclipses. On rappelle que le nombre maximum d'éclipses possibles au cours d'une année grégorienne est de sept, cela s'est produit en 1982 et se produira de nouveau en 2038.

Les éclipses de Lune par la pénombre n'ont rien de spectaculaire, la perte de luminosité de la Lune dans la pénombre de la Terre est trop faible pour être décelable à l'œil nu. Parfois lorsque la Pleine Lune est à l'apogée et que sa distance à l'apogée est très importante, on peut avoir une éclipse totale de Lune par la pénombre, dans ce cas le disque lunaire passe entièrement dans le cône de pénombre. Ces éclipses sont très rares, on en dénombre seulement 174 sur la période de 6000 ans allant de -3000 à +2999, la dernière a eu lieu les 14-15 mars 2006 et la suivante aura lieu le 29 août 2053.

L'éclipse du 30 novembre n'est pas observable depuis la France, mais on pourra la voir en Polynésie française. Sa magnitude est de 0,8285464.

Le tableau ci-dessous donne les circonstances de l'éclipse (en UTC) :

Phases	Instant en UTC	Lieu ayant la Lune au zénith		Angle au pôle
		Longitude	Latitude	
Entrée dans la pénombre	7h 32,4min	116° 39,9' O	20° 28,6' N	29,7°
Maximum de l'éclipse	9h 42,9min	148° 14,5' O	20° 44,8' N	
Sortie de la pénombre	11h 53,4min	179° 50,0' O	21° 0,6' N	301,0°

Pour chaque début et fin de phase, on donne l'angle au pôle des points de contact, les points de contact sont les points de tangence entre le disque lunaire et les cônes d'ombre et de pénombre. L'angle au pôle est l'angle formé par la direction du pôle Nord céleste et la demi-droite issue du centre lunaire et passant par le point de tangence, cet angle est compté positivement vers l'ouest (donc dans le sens direct). On donne également les coordonnées géographiques des lieux où la Lune est au zénith à l'instant de chaque phase.

Éléments à l'instant du maximum de l'éclipse.

- Maximum de l'éclipse le 30 novembre 2020 à 9h 42m 51,426s UTC,
- Ascension droite du centre de l'ombre : 4h 27m 40,00s.
- Déclinaison du centre de l'ombre : 21° 44' 31,04".
- Diamètre du cône d'ombre : 78,13'
- Diamètre du cône de pénombre : 143,01'
- Parallaxe équatoriale du Soleil : 8,92".
- Ascension droite du centre de la Lune : 4h 28m 46,65s.
- Déclinaison du centre de la Lune : 20° 44' 46,09".
- Diamètre apparent de la Lune : 29,75'
- Parallaxe équatoriale de la Lune : 54' 35,13".

Aspect des différentes phases de l'éclipse

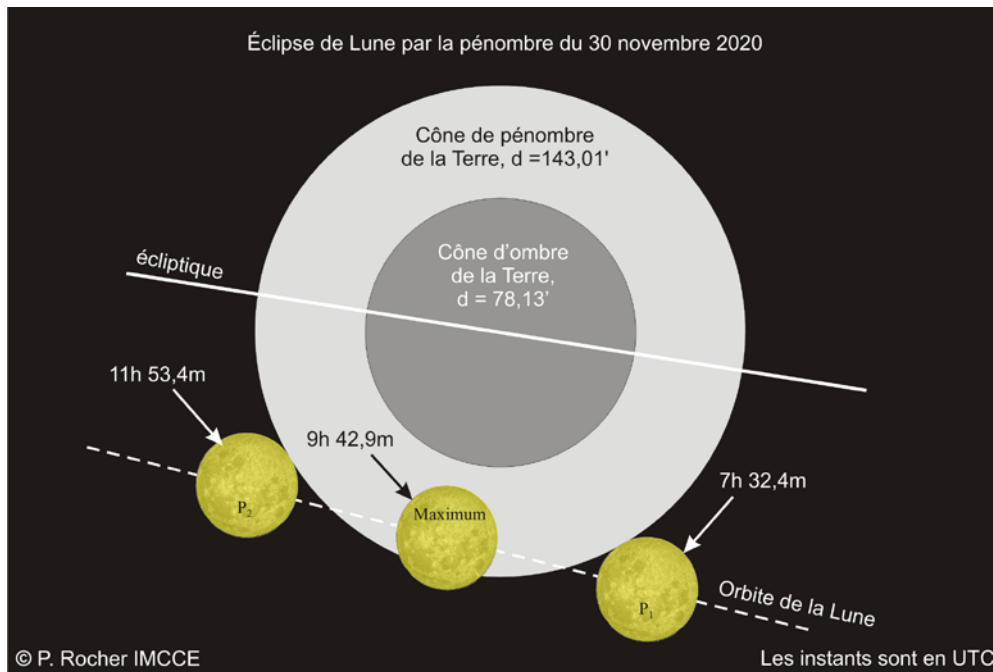


Figure 2 : Évolution des positions de la Lune durant les différentes phases de l'éclipse.

La figure ci-dessus représente les différentes phases de l'éclipse, les instants sont donnés en Temps universel coordonné, il faut ajouter une heure pour avoir l'heure légale en France métropolitaine.

Cette éclipse a lieu trois jours après le passage de la Lune à son apogée, le diamètre apparent de la Pleine Lune est donc faible ($29' 31,2''$). L'éclipse a lieu avant le passage de la Lune par son nœud ascendant, durant l'éclipse la Lune se trouve dans la constellation du Taureau.

Voici la suite des événements relatifs à la Lune sur cette courte période de temps :

- le 27/11/2020 à 00h 28m 37s UTC : La Lune à l'apogée (distance maximale à la Terre) $d : 405\,893,874$ km, diamètre apparent : $29,52'$, longitude moyenne : $28,41^\circ$.
- le 27/11/2020 à 09h 23m 21s UTC : la Lune entre dans la constellation de la Baleine.
- le 27/11/2020 à 18h 35m 58s UTC : la Lune entre dans la constellation du Bélier.
- le 29/11/2020 à 02h 21m 18s UTC : la Lune entre dans la constellation du Taureau.
- le 30/11/2020 à 09h 29m 41s UTC : Pleine Lune.
- le 30/11/2020 à 09h 42m 54s UTC : Maximum de l'éclipse de Lune.
- le 01/12/2020 à 07h 45m 56s UTC : la Lune passe par le nœud ascendant de son orbite, longitude moyenne : $79^\circ 53,8'$.

La série de Saros de cette éclipse de Lune

Le Saros est une période de récurrence des éclipses de 6585,32 jours correspondant à 223 révolutions synodiques moyennes de la Lune, qui est très proche de 242 révolutions draconitiques moyennes de la Lune et de 239 révolutions anomalistiques moyennes de la Lune. Elle a la propriété de ramener la Pleine Lune proche du même nœud de l'orbite lunaire

et proche de la même position de la Lune sur son orbite par rapport à la direction de son périégée. Cette période a été nommée, à tort, Saros par Edmont Halley. On peut donc construire des séries longues d'éclipses séparées par un Saros. Ces séries longues traduisent l'évolution des éclipses homogènes due au fait que ces trois quantités ne sont pas identiques.

Cette éclipse appartient à une série longue de Saros qui est complète dans le canon des éclipses de Lune de l'IMCCE. Cette série comporte 73 éclipses, commençant par 9 éclipses par la pénombre, suivies par 9 éclipses partielles par l'ombre, puis par 27 éclipses totales et terminant par 8 éclipses partielles par l'ombre, suivies par 20 éclipses par la pénombre. Cette série commence avec l'éclipse par la pénombre du 10 mars 993 (les dates antérieures à 1582, sont données dans le calendrier julien). La dernière éclipse de cette série est l'éclipse par la pénombre du 14 mai 2291. Ce sont toutes des éclipses au nœud ascendant de la Lune, donc les latitudes célestes successives de la Lune décroissent des latitudes positives aux latitudes négatives, les positions de la Lune par rapport aux cônes d'ombre et de pénombre de la Terre vont donc se déplacer dans cette série du nord au sud. En réalité, dans le propos précédent, les directions nord et sud désignent le nord et le sud par rapport à l'écliptique et non pas par rapport à l'équateur terrestre, il faut bien se rappeler que l'écliptique est incliné par rapport à l'équateur terrestre. L'éclipse du 30 novembre 2020 est la 58^e éclipse de la série, la trajectoire de la Lune est donc proche du bord sud sur le cône de pénombre. Cela explique également l'écart de temps important entre l'instant du passage de la Lune par son nœud ascendant et l'instant du maximum de l'éclipse (et de la pleine Lune).

L'évolution des séries longues au nœud ascendant

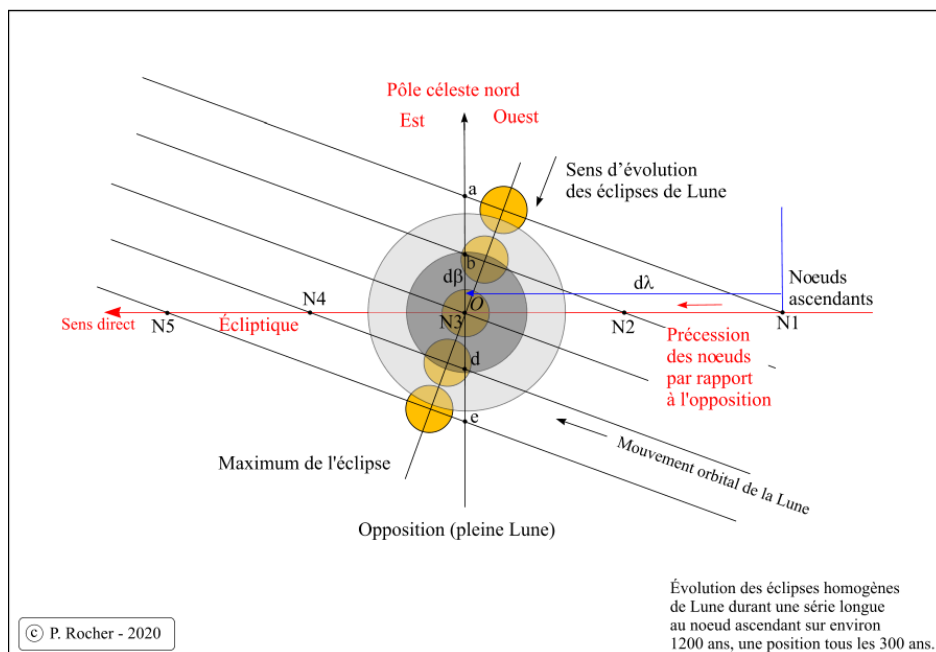


Figure 3 : Projection orthogonale de la sphère céleste écliptique.

La figure ci-dessus montre l'évolution des éclipses homologues de Lune durant une suite longue de saros au nœud ascendant, cette évolution est montrée dans le repère céleste écliptique vu depuis le centre de la Terre, les longitudes célestes évoluent donc dans le sens direct de la droite (ouest) vers la gauche (est). Pour rendre l'explication plus compréhensive,

la figure n'est pas à l'échelle, notamment l'inclinaison de l'orbite lunaire ($\sim 5^\circ$) et les tailles des cônes d'ombre et pénombre ainsi que le diamètre apparent de la Lune sont fixes. Sur cette figure, nous avons figé la longitude de la pleine Lune (opposition), ce sont donc les positions du nœud descendant qui vont varier dans le sens direct par rapport à l'opposition au cours du temps. Nous avons représenté la position du nœud ascendant environ tous les 300 ans ainsi que les maxima des éclipses correspondantes c'est-à-dire les distances minimales entre le centre de la Lune et le centre des cônes. Le décalage entre la position de la pleine Lune et la position de la ligne des nœuds entre deux saros provient de l'écart en temps entre 223 lunaisons (6585,321314 jours) et 242 révolutions draconitiques (6 585,537 419 jours), cet écart est en moyenne de l'ordre 52 minutes de temps. Durant ces 52 minutes, la Lune sur son orbite se déplace en moyenne par rapport à son nœud de $-28,67'$. Donc si l'on fige la position de la Lune à l'opposition le nœud se déplace par rapport à la Lune dans le sens direct par rapport à La Lune. Compte tenu de l'inclinaison de l'orbite lunaire, ce décalage se traduit par un décalage moyen de la longitude céleste du nœud de $\delta\lambda = 28,55'$ et par une variation moyenne de la latitude céleste de la Lune de $\delta\beta = 2,64'$ (ces distances ne sont pas constantes dans la projection orthogonale).

Au début de la suite longue d'éclipses de Lune, le nœud ascendant se trouve en position N1, à l'ouest de l'opposition, la Lune va donc passer d'ouest en est devant le bord nord du cône de pénombre, les premières éclipses de la suite seront des éclipses par la pénombre passant au bord nord de la pénombre (éclipsant donc le sud de la Lune). 300 ans plus tard, le nœud descendant de l'orbite lunaire est en N2, la Lune rencontre le bord nord du cône d'ombre, les éclipses de Lune sont donc partielles par l'ombre. 300 ans plus tard, le nœud descendant N3 est proche de la longitude de l'opposition, c'est le cas idéal d'une éclipse totale centrale, puis nous avons une situation symétrique par rapport à l'opposition, c'est-à-dire un nœud en N4 correspondant à des éclipses partielles par l'ombre, mais au sud du cône d'ombre (éclipsant le nord de la Lune), puis des éclipses par la pénombre au sud du cône de pénombre qui prennent fin avec la dernière position N5 du nœud. On remarque que lorsque le nœud ascendant est à l'ouest de l'opposition le maximum de l'éclipse a lieu avant l'opposition, et que lorsque le nœud ascendant est à l'est de l'opposition le maximum de l'éclipse a lieu après l'opposition. Donc la connaissance de l'instant du maximum de l'éclipse, de l'instant de l'opposition et de la nature du nœud (ascendant) permet de situer la position de l'éclipse dans la suite longue d'éclipses homologues et la partie de la Lune éclipsée. Ou bien, inversement, la connaissance de la position d'une éclipse dans sa suite longue et la nature du nœud permet de savoir si le maximum de l'éclipse a lieu avant ou après l'opposition et de connaître la partie de la Lune éclipsée.

Ainsi pour l'éclipse du 30 novembre 2020, la pleine Lune a lieu avant le passage par le nœud ascendant, donc l'éclipse fait partie de la seconde moitié de la série longue et la Lune passe au sud du cône de pénombre qui cache le bord nord de la Lune.